

PCT/EP04/464



REC'D 30 MAR 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

103 02 156.6

**Anmeldetag:**

21. Januar 2003

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**Anmelder/Inhaber:**

Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:**

Anordnung und Verfahren zur Diagnose von Ver-  
stopfungen in Kanälen eines Mikrowärmeübertragers

**IPC:**

G 01 M 19/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 9. Februar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

12.12.2004

## Beschreibung

## Anordnung und Verfahren zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen eines Mikrowärmeübertragers

5

Es ist bekannt, dass Ablagerungen (sog. Fouling) in Wärmeübertragern (Wärmetauschern) die Effektivität des Wärmeübergangs zwischen den am Wärmeaustausch beteiligten Fluiden stören. In Mikrowärmeübertragern mit Mikrokanälen, deren Durchmesser  $< 1 \text{ mm}$  ist, sind die gleichen Effekte zu beobachten, nur dass diese dort zur Blockade einzelner oder aller Mikrokanäle führen. Berücksichtigt man, dass Mikroreaktoren insbesondere auch für extrem exotherme Reaktionen, explosive Gemische oder toxische Chemikalien eingesetzt werden, so wird

10 verständlich, dass frühzeitig erkannt werden muss, ob eine sichere Temperierung aufgrund der Verstopfung von Wärmeübertragern, die unter anderem als Verweilzeitstrecken genutzt werden, nicht mehr gewährleistet werden kann. Zur Durchsatz-

15 erhöhung sind in Mikrowärmeübertragern häufig Mikrokanäle parallel geschaltet. Eine Gleichverteilung der Fluide auf diese Mikrokanäle wird durch deren relativ hohen Strömungswider-

20 stand erreicht. Werden nun einzelne Mikrokanäle blockiert, so sinkt die Wärmeübertragungsfläche und damit die Effizienz der Wärmeübertragung. Die Effizienz berechnet sich aus den Kapazitätsströmen (Massenstrom  $\times$  spezifische Wärmekapazität) der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide sowie deren Temperaturen bei Ein- und Austritt in bzw. aus dem Wärmetauscher. Die Fluidtemperaturen lassen sich jedoch nicht direkt in den

30 Mikrokanälen erfassen, da die derzeit verfügbaren Temperaturfühler so groß sind, dass sie zumindest einen großen Teil des Kanalquerschnitts blockieren würden und dass schon bei geringem Kontakt mit der Kanalwand eine Verfälschung aufgrund von Wärmeleitung zu rechnen ist.

35 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine einfache Diagnose von Verstopfungen in Kanälen eines Mikrowärmeübertragers zu ermöglichen.

Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe durch die in Anspruch 1. angegebene Anordnung zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen eines Mikrowärmeübertragers gelöst, wobei außen an dem Mikrowärmeübertrager mindestens ein Temperatursensor angeordnet ist, und daran eine Auswerteeinrichtung angeschlossen ist, die aufgrund von Änderungen der gemessenen Temperatur bei unveränderten Eintrittsparametern der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide eine Verstopfung diagnostiziert. Ferner wird die Aufgabe durch ein entsprechendes in Anspruch 4 angegebenes Verfahren gelöst.

Die axiale Wärmeleitung in der Kanalwand spielt bei Mikrowärmeübertragern im Gegensatz zu konventionellen Wärmeübertragern eine große Rolle, da das Verhältnis von Wandquerschnittsfläche zu Kanalquerschnittsfläche stark erhöht ist. Die Folge sind besonders bei gut wärmeleitenden Materialien stark geminderte Effizienzen gegenüber konventionellen Wärmeübertragern. Im Bereich kleiner NTUs (Number of Transfer Units), d. h. für kleine Verhältnisse des Produkts aus Wärmeübertragungsfläche und Wärmeübertragungskoeffizient zum Wärmekapazitätsstrom sinkt die Effizienz mit fallender NTU, während sie im Bereich großer NTUs konstant bleibt. In den Mikrokanälen herrscht immer eine laminar-schleichende Strömung, so dass der Wärmeübergangskoeffizient unabhängig von der Strömungsgeschwindigkeit ist. Verstopfen nun einige Mikrokanäle, so erhöht sich zwar in den anderen Kanälen die Strömungsgeschwindigkeit; der Wärmeübertragungskoeffizient bleibt aber konstant und die übertragene Wärmemenge sinkt aufgrund der verminderten Wärmeübertragungsfläche ab. Da der Wärmekapazitätsstrom konstant bleibt, sinkt die Effizienz.

Die Erfindung nutzt nun die Tatsache, dass aufgrund der hohen Wärmeleitung die Temperatur der Mikrowärmeübertragerwand bei unveränderten Eintrittsparametern der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide, das heißt bei konstanten Massenströmen und konstanten Fluideingangstemperaturen, und bei ausreichend kleinen NTU (etwa  $> 5$ ) ein Maß für die Effizienz des Wärme-

übertragers ist. Gleichzeitig ist die Temperatur, ebenfalls aufgrund der hohen Wärmeleitung in der Wand, in Mikrowärmeübertragern relativ homogen, so dass anhand der Temperatur des Mikrowärmeübertragers auf die Effizienz zurückgeschlossen werden kann, die sich wiederum wesentlich einfacher erfassen lässt, da die Montage des Temperatursensors außen an dem Mikrowärmeübertrager unproblematisch ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Temperatursensor nicht mit den Fluiden in Berührung kommt, so dass nicht auf die chemische Beständigkeit oder die katalytische Wirkung des Temperatursensors geachtet werden muss. Bei sehr großen Mikrowärmeübertragern, kann die Temperaturmessung mit mehreren Temperatursensoren an mehreren Stellen erfolgen.

Bei einer alternativen Anordnung zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen eines Mikrowärmeübertragers werden die Verstopfungen nicht aufgrund von Änderungen der gemessenen Temperatur diagnostiziert; statt dessen ist an dem Temperatursensor eine Regeleinrichtung angeschlossen, die den Massenstrom eines der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide im Sinne einer Konstanthaltung der gemessenen Temperatur regelt, wobei aufgrund von Änderungen des Massenstroms eine Verstopfung diagnostiziert wird.

Wird der Mikrowärmeübertrager als Verweiler für chemische Reaktionen verwendet, so muss zusätzlich die zu- oder abzuführende Reaktionswärme berücksichtigt werden, was durch eine aufwendigere Auswertung (Fuzzy, neuronale Netze) erfolgen kann.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird im Folgenden auf die Figuren der Zeichnung Bezug genommen, im Einzelnen zeigen

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel und

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mikrowärmeübertragers.

Figur 1 zeigt einen Mikrowärmeübertrager 1 mit einer Zuleitung 2 und einer Ableitung 3 für ein zu kühlendes Fluid 4 und einer Zuleitung 5 und einer Ableitung 6 für ein Kühlfluid 7. Innerhalb des Mikrowärmeübertragers 1 sind zwischen den Zuleitungen 2 und 3 bzw. 5 und 6 jeweils parallele Mikrokanäle 8 mit einem Kanaldurchmesser  $< 1$  mm ausgebildet. Außen an dem Wärmeübertrager 1 ist ein Temperatursensor 9 angeordnet, der die Temperatur an der Mikrowärmeübertragerwand misst und an einer Auswerteeinrichtung 10 angeschlossen ist. Diese detektiert eine Verringerung der Effizienz des Wärmeübertragers 1, wenn sich die gemessene Temperatur bei konstanten Massenströmen und konstanten Fluideingangstemperaturen ändert.

Das in Figur 2 gezeigte Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mikrowärmeübertragers unterscheidet sich von dem nach Figur 1 dadurch, dass anstelle der Auswerteeinrichtung 10 eine Regeleinrichtung 11 vorgesehen ist, die über ein Stellglied 12 den Massenstrom des Kühlfluids 7 im Sinne einer Konstanthaltung der mit dem Temperatursensor 8 gemessenen Temperatur des Mikrowärmeübertragers 1 regelt.

## Patentansprüche

1. Anordnung zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen (8) eines Mikrowärmeübertragers (1) mit mindestens einem außen an dem Mikrowärmeübertrager (1) angeordneten Temperatursensor (9) und einer daran angeschlossenen Auswerteeinrichtung (10), die aufgrund von Änderungen der gemessenen Temperatur bei unveränderten Eintrittsparametern der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide (4, 7) eine Verstopfung diagnostiziert.
2. Anordnung zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen (8) eines Mikrowärmeübertrager (1) mit mindestens einem außen an dem Mikrowärmeübertrager (1) angeordneten Temperatursensor (9) und einer daran angeschlossenen Regeleinrichtung (11), die den Massenstrom eines der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide (4, 7) im Sinne einer Konstanthaltung der gemessenen Temperatur regelt und aufgrund von Änderungen des Massenstroms eine Verstopfung diagnostiziert.
3. Verfahren zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen (8) eines Mikrowärmeübertragers (1), wobei außen an mindestens einer Stelle des Mikrowärmeübertrager (1) dessen Temperatur gemessen wird und aufgrund von Änderungen der gemessenen Temperatur bei unveränderten Eintrittsparametern der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide (4, 7) eine Verstopfung diagnostiziert wird.
4. Verfahren zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen (8) eines Mikrowärmeübertragers (1), wobei außen an mindestens einer Stelle des Mikrowärmeübertragers (1) dessen Temperatur gemessen wird und der Massenstrom eines der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide (4, 7) im Sinne einer Konstanthaltung der gemessenen Temperatur geregelt wird, wobei aufgrund von Änderungen des Massenstroms eine Verstopfung diagnostiziert wird.

## Zusammenfassung

Anordnung und Verfahren zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen eines Mikrowärmeübertragers

5

Zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen (8) eines Mikrowärmeübertragers (1) ist außen an dem Mikrowärmeübertrager (1) mindestens ein Temperatursensor (9) angeordnet und daran eine Auswerteeinrichtung (10) angeschlossen, die aufgrund von Änderungen der gemessenen Temperatur bei unveränderten Eintrittsparametern der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide (4, 7) eine Verstopfung diagnostiziert.

Fig. 1

15

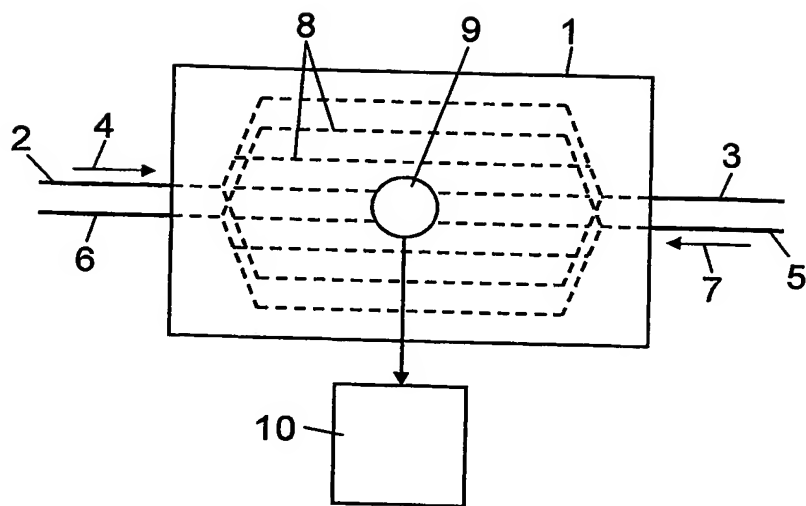


FIG. 1

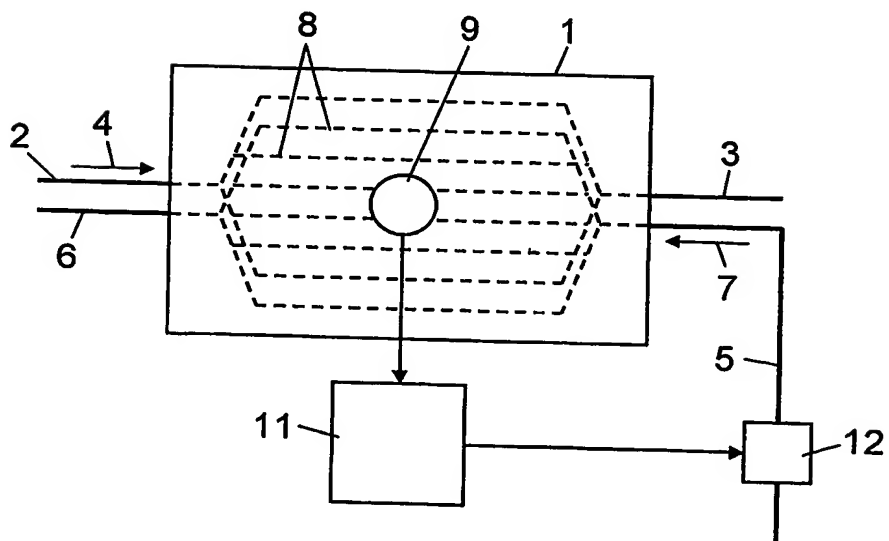


FIG. 2